

Як видно, пробіг між ТО при запропонованій циклічності перевищує пробіг між ТО-1 існуючої системи у 5 разів, у той час як час, що пропонується відвести на ТО, більше тривалості ТО-1 у 64 рази, що дозволяє виконувати ремонтно-профілактичні втручання будь-якої складності й таким чином забезпечити належний рівень експлуатаційної надійності.

Таким чином, розв'язання цього протиріччя полягає у одночасному збільшенні часу на ТО-1 та зменшенні пробігів між ТО-2, тобто у суміщенні існуючих ТО-1 і ТО-2 в єдине технічне обслуговування ТО. Це дозволяє виконувати ремонтно-профілактичні втручання будь-якої складності та забезпечувати належний рівень експлуатаційної надійності в умовах прогресуючого старіння парку.

1.Ефремов И.С., Кобозев В.М., Шевченко В.В. Технические средства городского электрического транспорта. – М.: Высш. шк., 1985. – 448 с.

2.Будниченко В.Б. Оценка эффективности системы технического обслуживания и ремонтов троллейбусов // Труды АКХ им. Панфилова К.Д. – М., 1990. – С.4-11.

3.Закурдай С.О. Відповідність діючої системи технічного обслуговування та ремонту РС МЕТ закономірностям зміни технічного ресурсу // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.33. – К.: Техніка, 2001. – С.242-244.

*Отримано 11.01.2010*

УДК 656.08

Д.Ю.ЗУБЕНКО, канд. техн. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Разработан оригинальный способ дистанционного контроля режимов асинхронных двигателей, использующихся в труднодоступных для эксплуатации и обслуживания местах. Математически доказана его эффективность.

Розроблено оригінальний спосіб дистанційного контролю режимів асинхронних двигунів, які використовуються у важкодоступних для експлуатації та обслуговування місцях. Математично доведено його ефективність.

Original method of asynchronous motors remote control, used in hard to operate and maintain sites, is developed. Its effectiveness is Mathematically proven.

*Ключевые слова:* силовой агрегат, электропривод, тяговый асинхронный двигатель.

Стратегической целью государственной политики Украины в развитии городского электрического транспорта является создание конкурентоспособного рельсового электроподвижного состава для удовлетворения постоянно возрастающих потребностей населения города в качественных и надежных перевозках. Создаются пробные образцы

современного рельсового транспорта для городских перевозок пассажиров с электрической передачей переменного тока, в которой использованы тяговые асинхронные двигатели (ТАД), преобразователи частоты (ПЧ) и микропроцессорное управление. Проводимые испытания показывают, что действительно тяговый асинхронный электропривод (ТАЭП) имеет перспективу, особенно при создании скоростного электропоезда, поскольку при одинаковой мощности тяговых агрегатов, напряжении питания и ряде других параметров ТАЭП обладают лучшими технико-экономическими показателями по сравнению с приводами на постоянном токе.

При исследовании энергетической системы электропоезда с тяговым асинхронным электроприводом возникает ряд вопросов, связанных с моделированием ее компонентов и системы контроля, таких как блока «синхронный генератор - выпрямитель», преобразователей частоты, тяговых асинхронных двигателей, элементов электромеханической части электропривода и нагрузки. Вопросам разработки математических моделей и исследованиям с их помощью как отдельного компонента электропередачи электропоездов (метро), так и их системам контроля посвящено много публикаций [2-4]. Однако, предлагаемые модели довольно сложные и требуют значительных затрат машинного времени и времени для проведения многовариантных исследований, возникающих в процессе эксплуатации систем.

Целью работы является создание моделей дистанционного контроля тягового асинхронного электропривода и на их основе проведение исследований с целью определения структуры, параметров электропередачи и технических требований к компонентам проектируемой системы: силовому агрегату, электроприводу, тяговым двигателям, элементам механической части электропривода.

Контроль теплового режима асинхронных двигателей осуществляют с помощью датчика температуры, сопротивление которого зависит от температуры обмоток двигателя [1]. В тепловых реле, например, типа ДТР, сопротивление между контактами изменяется скачкообразно от бесконечного при допустимой температуре (контакты разомкнуты) до нулевого (контакты замкнуты) при достижении некоторой предельной температуры.

В датчиках температуры на основе позисторов имеет место изменение сопротивления на порядок при повышении температуры на 5...10 °С в рабочем диапазоне температур.

В любом случае при достижении предельной температуры обмоток сопротивление датчика изменяется настолько, что имеет место срабатывание устройства защиты двигателя, приводящее к отключе-

нию контактора или другого аппарата, питающего двигатель от сети.

Недостатком известного способа защиты является необходимость в гальваническом соединении УЗ с ДТ как минимум двухпроводной линией. Этот недостаток усугубляется при использовании двигателей в эксплуатации, где необходима быстрая диагностика.

Для устранения этого недостатка предложено осуществлять контроль сопротивления ДТ высокочастотным напряжением через силовые жилы кабеля аналогично способу, описанному в [2]. Это позволяет исключить контрольный кабель или контрольные жилы в силовом кабеле.

Схема работает следующим образом. ГВЧ вырабатывает высокочастотное напряжение, которое через УЗ и ПФ1 поступает на две фазные силовые жилы, например V и W, полосовые фильтры ПФ1 и ПФ2 представляют малое сопротивление для высокочастотного напряжения (практически равное активному сопротивлению катушек индуктивности, входящих в состав фильтра). Для напряжения сетевой частоты ПФ представляет собой настолько большое сопротивление, что током через него можно пренебречь. С силовых фазных шин через ПФ2 высокочастотное напряжение поступает на ДТ.

Когда температура двигателя не достигает предельно допустимой, сопротивление ДТ велико – контакты ДТ разомкнуты. Высокочастотный ток, проходящий по цепи ГВЧ-УЗ-ПФ1 – жила V-ПФ2-ДТ-ПФ2 – жила W-ПФ1-УЗ-ГВЧ. Практически он равен току через емкостное сопротивление изоляции жил V и W и недостаточен для срабатывания и удержания в сработавшем состоянии УЗ.

При достижении предельно допустимой температуры сопротивление ДТ резко снижается – контакты ДТ замкнуты. Высокочастотный ток, проходящий по той же цепи возрастает, так как сопротивление этой цепи практически равно суммарному индуктивному сопротивлению жил V и W. Устройство защиты срабатывает и удерживается в этом состоянии до понижения температуры ДТ ниже предельно допустимой. При этом контактор УС отключает двигатель от сети.

Одним из важных вопросов является выбор частоты  $f$  высокочастотного напряжения из следующих соображений.

1. Частота  $f$  должна быть достаточно большой, чтобы значительно отличаться от сетевой и для снижения габаритов полосовых фильтров.
2. Частота  $f$  должна быть не слишком большой, чтобы емкостное сопротивление между жилами было на два порядка больше индуктивного сопротивления жил.

Таким образом, можно записать:

$$X_C \approx 100 X_L, \quad (1)$$

где  $X_C$  – общее емкостное сопротивление между жилами кабеля на частоте  $f$ ;  $X_L$  – суммарное индуктивное сопротивление жил V и W кабеля. Отсюда получаем

$$1/\omega C \approx 100\omega L, \quad (2)$$

где  $C$  – общая емкость между жилами V и W;  $L$  – суммарная индуктивность жил V и W;  $\omega = 2\pi f$ .

Из (2) находим:

$$\omega \approx \sqrt{\frac{0,01}{CL}} = \frac{0,1}{\sqrt{CL}}. \quad (3)$$

Для емкости  $C$  получим выражение

$$C = l(C_1 + C_2) = lC_1 \times 1,5, \quad (4)$$

где  $l$  – длина кабеля;  $C_1$  – удельная (на 1 м длины кабеля) емкость между жилами V и W через третью жилу;  $C_2 = 0,5 C_1$ .

Определим  $C_1$  в соответствии с выражением, приведенным в [3]:

$$C_1 = \frac{\pi \varepsilon_u \varepsilon_0}{\ln \frac{2(R + \delta)}{R}}, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_u$  – относительная диэлектрическая проницаемость изоляции жилы;  $\varepsilon_0 = 8,8 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума;  $R$  – радиус жилы;  $\delta$  – толщина изоляции жилы.

Индуктивность  $L$  найдем в соответствии с [4]:

$$L = 2l L_1 = \frac{\mu_0 l}{\pi} \ln \frac{2l}{R}, \quad (6)$$

где  $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$  Гн/м – абсолютная магнитная проницаемость вакуума;  $L_1$  – удельная (на 1 м длины жилы) индуктивность жилы.

Запишем выражение для  $\omega$ :

$$\omega = \frac{0,1}{\sqrt{1,5l \frac{\pi \varepsilon_u \varepsilon_0}{\ln \frac{2(R + \delta)}{R}} \frac{\mu_0 l}{\pi} \ln \frac{2l}{R}}} = \frac{2,46 \cdot 10^7}{l \sqrt{\frac{\varepsilon_u \ln \frac{l}{R}}{\ln \frac{(R + \delta)}{R}}}}. \quad (7)$$

Например, при  $l = 1000$  м,  $\varepsilon_u = 4$ ,  $R = 0,005$  м,  $\delta = 0,002$  м получаем  $\omega = 2,04 \cdot 10^3$  1/с.

Относительная погрешность  $\gamma$  измерения сопротивления ДТ  $Z_g$  устройством защиты при избранном соотношении  $X_C$  и  $X_L$  имеет вид:

$$\gamma = \frac{Z_g - Z_U}{Z_g} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где  $Z_U$  – значение сопротивления ДТ, измеренное через силовые жилы  $Z_U = X_C(X_L + Z_G)/(X_L + Z_G + X_C)$ .

Приняв сопротивление  $Z_g = \sqrt{X_L X_C}$  для обеспечения максимальной чувствительности блока УЗ, найдем

$$\gamma = \left( 1 - \frac{1 + \sqrt{Z_L / Z_C}}{1 + Z_L / Z_C + \sqrt{Z_L / Z_C}} \right) \cdot 100\%, \quad (9)$$

что при  $Z_L / Z_C = 0,01$  составляет  $\gamma = -0,901\%$ .

Таким образом, предложенный способ дистанционного контроля режима асинхронного двигателя позволяет определить состояние датчика температуры с погрешностью не более 1% при удалении от двигателя до 1000 м.

1.Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т.1 / Под общ. ред. И.П.Копылова, Б.К.Клюкова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 456 с.

2.Ишкин В.Х., Шкарип Ю.П. Расчет параметров высокочастотных трактов по линиям электропередач / Под ред. А.И.Перова. – М.: МЭИ, 1999. – 122 с.

3.Иоссель Ю.Я., Кочанов Э.С., Струнский М.Г. Расчет электрической емкости. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1981. – 228 с.

4.Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 488 с.

Получено 19.01.2010

УДК 534.833.53

В.Е.АБРАКІТОВ, О.Ю.НІКІТЧЕНКО, кандидати техн. наук, І.О.ФАРИНА

Харківська національна академія міського господарства

## ВРАХУВАННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЇХ ЗАСТОСУВАННІ В ЯКОСТІ ЗВУКОПОГЛИНАЧІВ

Наводиться докладний і розширений опис механізму дії пористих звукопоглиначів відповідно до наших досліджень.

Приводится подробное и расширенное описание механизма действия пористых звукопоглотителей в соответствии с нашими исследованиями.

Below happens to detailed and extended description of the mechanism of the action sound absorbers with time in accordance with our studies.

*Ключові слова:* вакуум, мікроструктура, пористий звукопоглинач, зниження шуму.